

ADAPTARSE O MORIR ¿O NINGUNA DE LAS ANTERIORES?

M. Ángel León Tapia* y Lázaro Guevara

Colección Nacional de Mamíferos, Pabellón Nacional de la Biodiversidad, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México. mal@st.ib.unam.mx (MALT), llg@ib.unam.mx (LG).

*Autor de correspondencia.

Desde la época de Charles Darwin, la idea de que las especies evolucionan para adaptarse a distintos ambientes ha sido fundamental en la biología evolutiva. Sin embargo, la evolución es mucho más compleja, y no siempre sigue el modelo darwiniano de adaptación.

Darwin, en su famosa obra "El Origen de las Especies" publicada en 1859, propuso la teoría de la evolución mediante selección natural. Según su teoría, la selección natural actúa como un mecanismo que impulsa la diversificación (formación) de las especies, permitiendo que aquellas con características más favorables para su entorno tengan mayores posibilidades de sobrevivir y reproducirse. Darwin también observó que los organismos producen más descendencia de la que el ambiente puede sostener, lo que lleva a una competencia por los recursos y a la supervivencia de los individuos mejor adaptados. La variación dentro de las especies, que es la materia prima sobre la cual actúa la selección natural, se genera principalmente a través de cambios (mutaciones) genéticos, recombinación durante la reproducción y otros procesos como el flujo genético. Estas variaciones, aunque muchas veces pueden ser neutrales o incluso perjudiciales, en algunos casos confieren ventajas en su entorno particular. Este proceso gradual de acumulación de pequeñas variaciones beneficiosas a lo largo de generaciones conduce eventualmente a la aparición de nuevas especies y a la adaptación de las existentes a sus ambientes específicos.

Sin embargo, los avances en la ciencia nos han enseñado que la evolución es un proceso un poco más complejo de lo que inicialmente se pensaba en la época de Darwin. Aunque el modelo darwiniano proporcionó ideas sólidas para comprender la evolución de las especies, también hay fenómenos que desafían esta visión. Uno de estos aspectos fascinantes es la radiación no adaptativa, donde la diversificación de las especies no está necesariamente impulsada por la adaptación a nuevos ambientes, sino por otros factores como la historia evolutiva particular de cada una de ellas.

La radiación no adaptativa se refiere a la diversificación de especies que ocurre sin que estas desarrollen adaptaciones significativas a nuevas condiciones ecológicas o ambientales. A diferencia de la radiación adaptativa, donde las especies cambian o evolucionan principalmente para ocupar ambientes nuevos en respuesta a presiones ambientales específicas, la radiación no adaptativa implica la formación de nuevas especies sin que estas

experimenten cambios relevantes en su morfología, función o relación con el entorno. Este proceso puede ser impulsado por factores como la deriva genética, eventos históricos o barreras geográficas, que no necesariamente están vinculados a la adaptación a nuevos ambientes.

Un ejemplo de radiación adaptativa es cómo los felinos han evolucionado para cazar a sus presas en distintos hábitats. Los leones se adaptaron a la sabana, los tigres a la selva y los leopardos a las montañas. Cada uno desarrolló características únicas para cazar y sobrevivir en su ambiente. En cambio, en la radiación no adaptativa, las especies se diversifican en muchas especies distintas, pero todas ellas siguen siendo muy similares en términos de su forma y función. Aunque viven en diferentes partes del mundo, no desarrollaron características tan diferentes como las de los felinos. Pero ¿cómo sucede esto? Veamos un ejemplo maravilloso que la ciencia está descubriendo recientemente con un grupo de mamíferos pequeños muy interesantes.

La superfamilia Muroidea, que incluye ratones, ratas, ratas topo, hámsteres, y otros roedores, es uno de los grupos más diversos de mamíferos; con más de 1,600 especies representa alrededor del 30 % de todas las especies de mamíferos. Han logrado colonizar casi todos los continentes y una amplia variedad de hábitats, desde selvas tropicales hasta desiertos áridos y montañas frías. Por ejemplo, existe un pequeño ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*) que vive en los



La superfamilia Muroidea incluye ratones, ratas y otros roedores, es la más diversa de todos los mamíferos y han colonizado una gran diversidad de hábitats en casi todo el mundo, como tundras, desiertos, selvas, y bosques montañosos. Imagen: M. Ángel León Tapia (la imagen correspondiente al mapa fue creada utilizando Microsoft Designer y modificada posteriormente por el autor).

bosques y praderas de Europa y Asia. El ratón de campo es un aventurero que se desplaza con facilidad entre la hierba alta y los árboles bajos, siempre en busca de semillas y frutos para comer. Por otro lado, en México existen ratones como el ratón acuático mexicano (*Rheomys mexicanus*) que habita en las aguas tranquilas de los ríos y lagos de Oaxaca. Es un nadador experto que se sumerge con facilidad para buscar alimento en el fondo del río. Con su pelaje grueso y sus patas similares a las de un pato, se desliza con gracia por el agua. Estos ejemplos muestran cómo varias especies de este grupo se diversificaron en otros ambientes, aunque su forma básica ha cambiado poco con el tiempo. Tradicionalmente, se ha asumido que su impresionante diversidad es resultado de la adaptación a diversos ambientes. Sin embargo, investigaciones recientes en varios países del mundo, incluyendo México, sugieren que la historia evolutiva de este grupo es más compleja de lo que se pensaba.

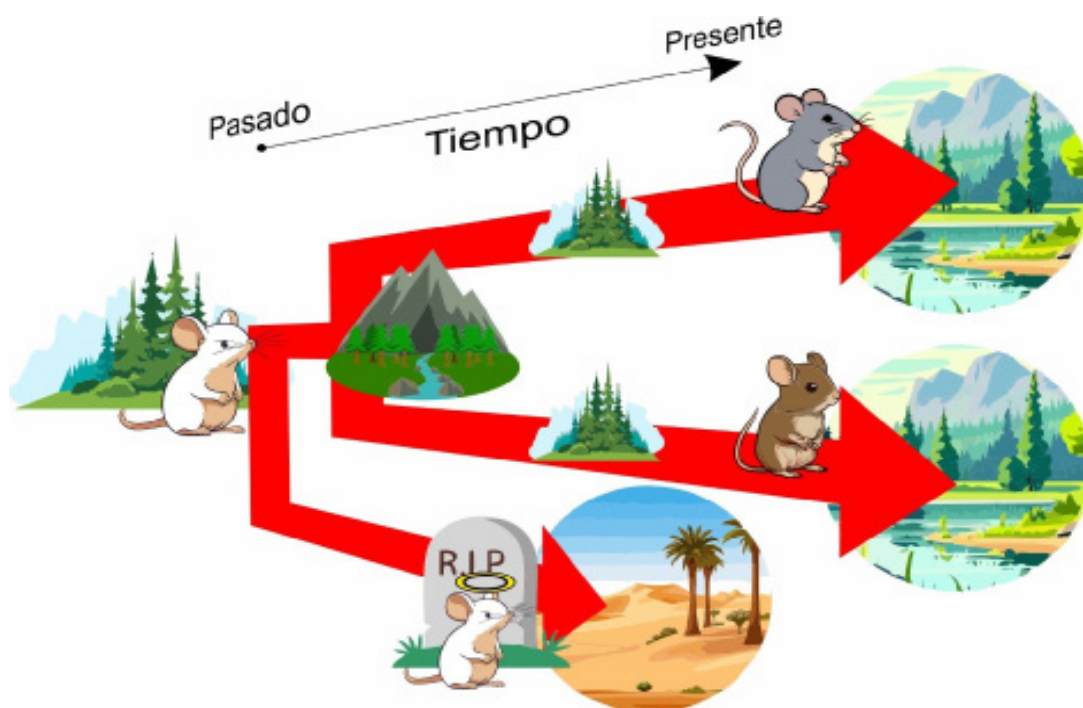
El origen de este grupo de pequeños mamíferos comenzó hace aproximadamente 30 millones de años. A lo largo de su evolución, muchas especies de este grupo han mantenido funciones, formas básicas y áreas de distribución relativamente estables, a pesar de las altas tasas de especiación, es decir, la velocidad en que se forman nuevas especies. Esto indica que, en ciertos casos, la diversificación ha ocurrido con cambios mínimos y lentos en sus preferencias ambientales, sin requerir una adaptación drástica a nuevos entornos, lo cual es un rasgo distintivo de la radiación no adaptativa.

Para entender mejor cómo ha ocurrido esta diversificación, las y los científicos han evaluado factores ecológicos, evolutivos y ambientales, como la diversidad de sus formas, las tasas de formación de nuevas especies, el tamaño de la distribución geográfica, las características del hábitat, las condiciones climáticas y la topografía. Estos

Estos estudios han revelado aspectos muy interesantes sobre los procesos y mecanismos clave en la historia evolutiva del grupo, concluyendo que la formación de nuevas especies no ha sido resultado de una adaptación rápida a ambientes nuevos, sino que otros factores genéticos e históricos, aún poco estudiados, también han desempeñado un papel crucial.

Por ejemplo, en poblaciones pequeñas, los cambios en los genes a lo largo del tiempo pueden fijarse o perderse de una generación a otra debido al azar. Esto, combinado con eventos aleatorios que ocurren todo el tiempo como los desastres naturales, puede determinar qué individuos sobreviven, se reproducen y transmiten esos cambios a las nuevas generaciones. Con el paso del tiempo, esta situación puede llevar a la diferenciación de especies sin cambios drásticos en su ecología. Además, otros eventos históricos como la fragmentación de hábitats debido a cambios climáticos o geológicos, también pueden aislar poblaciones y permitir su diversificación sin una fuerte presión selectiva hacia la adaptación a nuevos ambientes. Un ejemplo de esto es la formación de montañas, como la cordillera de los Andes en Suramérica, que aisló poblaciones de roedores en diferentes altitudes y valles, promoviendo la formación de nuevas especies sin grandes cambios en las preferencias ambientales.

Entender que la diversificación de especies no siempre sigue un modelo darwiniano es crucial para una comprensión más completa de la evolución. La radiación no adaptativa nos ofrece nuevas perspectivas sobre cómo y por qué se forman nuevas especies. Este conocimiento es especialmente importante en la conservación de la biodiversidad, ya que nos ayuda a identificar los factores que determinan que algunas regiones tengan más especies que otras, y así poder diseñar estrategias más efectivas para su protección. Por ejemplo, las medidas de conservación pueden



La diversificación no adaptativa se refiere al proceso en el que una especie ancestral se divide en nuevas especies debido a barreras geográficas como la formación de montañas o ríos, sin cambios drásticos en su ecología o función. Otras especies pueden enfrentarse a ambientes muy distintos y extinguirse.

Imagen: M. Angel León Tapia.

enfocarse en proteger la conectividad entre las poblaciones para permitir el flujo genético y mantener la variabilidad genética, preservar la diversidad de hábitats y ecosistemas. Esto puede ayudar a desarrollar estrategias de conservación que tengan en cuenta la posibilidad de que las poblaciones puedan cambiar de manera impredecible debido a procesos aleatorios. En un mundo donde los hábitats naturales están siendo fragmentados y las especies enfrentan una presión creciente debido al cambio climático, la contaminación o la destrucción y fragmentación de sus hábitats, entender los mecanismos de diversificación puede ayudarnos a proteger mejor la biodiversidad.

La evolución es un proceso complejo que no puede ser completamente explicado por un solo modelo o teoría. La radiación no adaptativa es un ejemplo más de cómo la naturaleza desafía nuestras ideas preconcebidas sobre la evolución. Al estudiar casos como el de los roedores de la superfamilia Muroidea, podemos ampliar nuestra comprensión de los procesos evolutivos y apreciar la diversidad de mecanismos que han dado forma a la rica biodiversidad de este grupo en nuestro planeta.

Y así, los roedores múridos, esos pequeños mamíferos que nos rodean, seguirán evolucionando, aunque no siempre de manera predecible. La historia evolutiva de este grupo nos ofrece una visión única sobre la evolución, demuestra que no siempre sigue un camino directo hacia la adaptación al entorno, sino que puede estar impulsada por otros factores históricos. De esta manera, los múridos nos proporcionan información valiosa y nos recuerdan que la naturaleza es siempre más sorprendente de lo que imaginamos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías y a la Colección de Mamíferos del Instituto de Biología de la UNAM por las facilidades para realizar la estancia posdoctoral a MALT (346631). Agradecemos a L. León-Paniagua, E. Arellano, R. Anderson y G. Hernández-Canchola por los comentarios y discusiones previas sobre este tema.

LITERATURA CONSULTADA

- Alhajeri, B. H., Schenk, J. J., y S. J. Steppan. 2015. Ecomorphological diversification following continental colonization in muroid rodents (Rodentia: Muroidea). *Biological Journal of the Linnean Society* 117:463-481.
- Czekanski-Moir, J. E., y R. J. Rundell. 2019. The ecology of nonecological speciation and nonadaptive radiations. *Trends in Ecology & Evolution* 34:400-415.
- Koch, E. L., Neiber, M. T., Walther, F., y B. Hausdorf. 2020. Patterns and processes in a non-adaptive radiation: Alopia (Gastropoda, Clausiliidae) in the Bucegi Mountains. *Zoologica Scripta* 49:280-294.
- Maestri, R., *et al.* 2017. The ecology of a continental evolutionary radiation: Is the radiation of sigmodontine rodents adaptive?. *Evolution* 71:610-632.
- Maestri, R., *et al.* 2022. Bridging macroecology and macroevolution in the radiation of sigmodontine rodents. *Evolution* 76:1790-1805.
- Matsubayashi, K. W., y R. Yamaguchi. 2022. Adaptive and non-adaptive causes of radiation: Is adaptation a harsh mistress of diversity?. *Population Ecology* 64:93-94.
- Zelditch, M. L., Li, J., Tran, L. A. P., y D. L. Swiderski. 2015. Relationships of diversity, disparity, and their evolutionary rates in squirrels (Sciuridae). *Evolution* 69:1284-1300.

Sometido: 14/ago/2024.

Revisado: 23/ago/2024.

Aceptado: 26/ago/2024.

Publicado: 27/ago/2024.

Editor asociado: Dr. Eduardo Felipe Aguilera-Miller.